

УДК630*181.21

СООТНОШЕНИЕ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДРЕВОСТОЕВ И ВАЛЕЖА В КОРЕННЫХ ЕЛЬНИКАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© 2024 г. В. Г. Стороженко^а, *, Я. И. Гульбе

^аИнститут лесоведения РАН,

ул. Советская, д. 21, с. Успенское, Одинцовский р-он, Московская обл., Россия 143030

*E-mail: lesoved@mail.ru

Поступила в редакцию 05.03.2023 г.

После доработки 11.07.2023 г.

Принята к публикации 08.02.2024 г.

В статье обсуждаются вопросы формирования коренным лесным сообществом соотношения объемов стволовой древесины древостоев и древесного отпада (валежа) при участии дереворазрушающих грибов на примере лесов еловых формаций таежной зоны европейской части России. Для анализа взяты 30 еловых биогеоценозов, по 10 в подзонах северной, средней и южной тайги различных динамических характеристик — климаксных, демутиационных и дигрессивных. Использован метод пробных площадей (ПП), описаны лесоводственные характеристики биогеоценозов, морфометрические показатели деревьев, произведены подсчеты объемов стволов древостоев, формирующих фитоценозы, и стволового валежа, разлагаемого дереворазрушающими грибами. Вычислены показатели соотношений объемов древостоя и валежа в еловых насаждениях различных фаз динамики, для которых рассчитаны баллы фазового положения. Определены показатели связи объемов древесины древостоев и валежа в программе Exel (R^2) и линейные коэффициенты корреляции (r) для древостоев различного сукцессионного положения. Проведенные расчеты подтвердили присутствие связи между запасами древесины стволов древостоев и объемами стволов валежа для изучаемых ельников с применением балловой оценки фазового положения биогеоценозов: в обеих программах (R^2 и r) показатели связи характеризовались от сильных до весьма сильных (Chaddock, 1925).

Ключевые слова: коренные еловые леса, древостой, валеж, запасы древесины древостоев и валежа, фазы динамики биогеоценозов, показатели связи объемов стволов древостоев и валежа.

DOI: 10.31857/S0024114824020042 EDN: REPGOW

Коренные леса естественного происхождения признаются саморегулирующимися биосистемами, в которых вектор саморегуляции направлен на достижение лесным сообществом наиболее устойчивого состояния. Можно цитировать многих авторов, определявших понятие устойчивости лесных сообществ с разных позиций, приводивших дефиниции этого термина (Стороженко, 2007). Наиболее приближено к сути этого понятия определение Б.А. Быкова (1983), в котором он в числе других приводит такие характеристики, как “выровненное отношение вводимой и теряемой энергии, константное отношение биомассы к мортмассе ...”. Мы разделяем эту позицию. Вместе с тем приходится признать, что в этой проблеме на протяжении длительного периода остается не до конца определенным важнейший вопрос о том, каким образом коренному лесному сообществу, развивающемуся естественным путем, удается формировать в процессе онтогенеза это качество и удерживать

его тысячелетиями, несмотря на постоянные экзогенные воздействия.

Если рассматривать не весь биогеоценоз, достигший устойчивого состояния, а его отдельные компоненты, то можно допустить, что они должны соответствовать определенным параметрам в числовых и функциональных характеристиках как часть общего устойчивого организма. В этом контексте представляет интерес позиция, объясняющая, в каком соотношении объемные характеристики древесного отпада (валежа) соответствуют объемам стволов древостоев в коренных лесных сообществах и в какой связи эти объемные показатели находятся с динамическими показателями биогеоценозов — климаксовыми, демутиационными, дигрессивными.

Сделана попытка рассмотреть в определенных показателях соотношение объемов стволовой древесины древостоя как структуры, формирующей биомассу, и древесного отпада как структуры,

разлагаемой дереворазрушающими грибами. Можно упомянуть, что в работе Е.А. Капицы с соавторами (2021) была поставлена эта же цель, но получен отрицательный результат из-за принятия для сравнительных оценок лесов, не отвечающих условиям функционирования устойчивых сообществ.

В наших прошлых работах этот вопрос освещался с позиций изучения объемных показателей стволовой древесины древостоев и древесного опада (валежа) коренных девственных разновозрастных лесов, структурных особенностей формирования возрастных структур устойчивых лесных сообществ таежной зоны различного динамического состояния (Стороженко, 2011, 2021, 2022; и др.).

Цель настоящей работы — определить наличие связи между запасами стволовой древесины древостоев и объемами стволовой древесины опада (валежа) в процессах формирования коренных разновозрастных ельников различных фаз динамики таежной зоны Европейской России.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследований приняты коренные разновозрастные девственные ельники, не затронутые антропогенными воздействиями, эволюционно развивающиеся лесные сообщества. Еловые леса по воспроизводительной способности в естественных условиях произрастания можно отнести к сообществам, отвечающим условиям сохранения и восстановления структур. Для анализа из общей базы данных ПП отобраны насаждения на ПП различных лесоводственных характеристик и динамического положения. В регионах южной тайги — ельники Центрально-Лесного биосферного заповедника Тверской обл. (1–4) (56°45'88"40; 32°96'71"30) и заповедника “Кологривский лес” Костромской обл. (5–10) (58°86'02"40; 43°84'07"90); в регионах средней тайги — ельники резервата “Вепский лес” Ленинградской обл. (11–15) (60°64'70"25; 34°72'10"37) и ельники урочища “Атлека” Андомского лесничества Вологодской обл. (16–20) (61°30'45"82; 36°80'83"53); в регионах северной тайги — ельники Национального парка “Паанаярви” Республики Карелии (21–25) (66°39'45"; 30°32'37"), Северодвинского лесничества Архангельской обл. (26–28) (64°49'91"66; 39°83'82"41) и Национального Парка “Югыд-Ва” Республики Коми (29 – 30) (63.940461; 57.585186). На ПП были собраны следующие экспериментальные данные: краткое лесоводственное описание отобранных для анализа ельников, сплошная нумерация деревьев, измерение их диаметров на высоте груди, бурение у шейки корня кернов для определения возрастов и присутствия гнилевых фаутов, описание типа гнили, ее диаметра и стадии разложения древесины. На площади участков проводился сплошной учет валежа, начиная

с диаметра 6 см, определялась порода валежа, его причина (бурелом, ветровал), диаметр ствола на высоте 1.3 м, стадия разложения по разработанной ранее 5-балльной шкале (Стороженко, 1990), верифицированной позднее другими авторами (Шорохова, Шорохов, 1999; и др.). В камеральный период определялись объемы стволов деревьев по массовым таблицам (Третьяков и др., 1952) и запасы древесины древостоев, строились возрастные ряды и определялись динамические показатели биогеоценозов (Дыренков, 1984; Стороженко, 2007; и др.). Отнесение биогеоценозов к определенной фазе динамики осуществлялось по методике С.А. Дыренкова (1984). К климаксовым ельникам относились биогеоценозы “с равномерным (подеревным) смещением поколений” (Дыренков, 1984, стр. 69). Для разновозрастных ельников с таким распределением объемов деревьев в возрастных поколениях средний возраст древостоев соответствует середине возрастного ряда. В этом случае, если сумма объемов деревьев возрастных поколений смещена в область более молодых поколений, биогеоценоз относили к фазе демутиации, если в область более старших поколений — к фазе дигрессии. При относительно равномерном распределении деревьев в возрастных поколениях или распределении их в поколении середины возрастного ряда биогеоценоз относился к фазе климакса (Гусев, 1964). Рассчитывались объемы деревьев валежа с учетом стадии разложения (Стороженко, 2022). В настоящей статье не рассматривался процесс разложения древесного опада с потерей массы древесины валежа, объемы валежа рассчитаны по факту присутствия стволов в разной стадии разложения. Для выделения стадий разложения валежа использован разработанный ранее метод анализа морфометрических показателей состояния стволов (Стороженко, 1990; Стороженко, Шорохова, 2012; Стороженко, Засадная, 2019), которые показали близкие временные периоды к выводам других авторов, изучавших этот процесс с разделением его на стадии по потере плотности древесины (Harmon, Chen, 1991; Морозов, 1994; Шорохова, Шорохов, 1999; Тарасов, 2000; Tarasov, Birdsey, 2001; Shorohova, Kapitsa, 2016; Капица и др., 2021; и др.). Соотношение объемов древесины древостоев и валежа — одну из основных структур древесного опада — вычисляли как частное от деления запаса древесины древостоя на объем древесины валежа для каждого биогеоценоза и трактовали как “балл фазового положения биогеоценоза” БФП. В градацию каждой фазы динамики (климакс, демутиация, дигрессия) входили биогеоценозы, соответствующие ей по структуре возрастных рядов, из состава которых формировался ряд наблюдений для определения показателей связи в программе Exel (уравнение связи и корреляционное отношение — R^2) и для вычисления коэффициентов корреляции — r . Величину

Таблица 1. Показатели связи предикторов (по Chaddock, 1925)

Значение	Характер связи
$R^2 = 0$	Отсутствует
$0 < R^2 < 0.2$	Очень слабая
$0.2 \leq R^2 < 0.3$	Слабая
$0.3 \leq R^2 < 0.5$	Умеренная
$0.5 \leq R^2 < 0.7$	Заметная
$0.7 \leq R^2 < 0.9$	Сильная
$0.9 \leq R^2 < 1$	Весьма сильная
$R^2 = 1$	Функциональная

связи с применением R^2 определяли по таблице R.E. Chaddock (1925) (табл. 1).

Показатели связи с применением коэффициента корреляции вычисляли по М.Л. Дворецкому (1971), шкала которого практически аналогична шкале R.E. Chaddock (1925).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 2 приведена лесоводственная характеристика коренных ельников таежной зоны европейской части России, включающая величины запасов древесных фракций древостоев в целом и по возрастным поколениям возрастных рядов и объемов стволов валежа по факту их присутствия в грациях стадий разложения без учета потери веса в процессе ксилолиза.

Понятие “соотношение” чего-либо к чему-либо в элементарной математике трактуется как “количественная характеристика взаимосвязи между двумя однородными числовыми величинами” (Энциклопедический ..., 1890–1907). В нашем случае — это соотношение между однородными числовыми величинами запасов древесины древостоев и объемов древесины валежа в биогеоценозах различных динамических процессов. Данное соотношение определяется как частное от деления запаса древостоя на объем валежа, которое трактуется как балл фазового положения биогеоценоза. При наличии биогеоценозов различных динамических показателей представляется возможным группирование их в ряды наблюдений по фазам динамики из 30 выбранных биогеоценозов — ряд наблюдений климаксовых, демутационных и дигрессивных сообществ (табл. 3).

Из данных табл. 3 можно видеть, что соотношение объемов стволовой древесины древостоя и стволовой древесины валежа из выборки в 30 еловых биогеоценозах по отношению к их динамическому положению имеет различные баллы фазового положения. Выделение определенного балла фазового развития биогеоценоза имеет следующую логику процесса формирования возрастной структуры, напрямую связанную с сукцессионной динамикой лесного сообщества. В древостоях демутационных фаз динамики объемы стволов

деревьев сосредоточены в последних, более молодых, возрастных поколениях и объемы валежа в них, как правило, незначительные по сравнению с запасами древостоев, что определяет высокие показатели баллов фазового положения лесного сообщества (табл. 3 №№ 5, 9, 11, 16, 19, 30). В древостоях дигрессивных фаз динамики деревья крупных диаметров, напротив, сосредоточены в первых, самых старших по возрасту, поколениях с большими объемами стволовой древесины, что определяет относительно невысокие показатели баллов фазового положения лесного сообщества (табл. 3 №№ 3, 7, 14, 14, 18, 21, 23, 26, 28 баллов). Биогеоценозы климаксовых фаз динамики обладают наибольшим рассредоточением объемов деревьев по возрастному ряду древостоя и, соответственно, более равномерным отпадом деревьев из разных возрастных поколений, что определяет среднее значение балла фазового положения лесного сообщества (табл. 3 №№ 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 17, 20, 22, 24, 25, 27, 29 баллов).

В каждой из этих выборок присутствуют древостои с показателями граничных значений между фазами динамики биогеоценозов.

В свою очередь, этот факт свидетельствует о том, что между искомыми предикторами в грациях фазового состояния биогеоценозов существует связь. Используя программу Excel, можно определить в графическом и числовом выражении величину этой связи (рисунок). Содержание табл. 3 и графиков на рисунке показывает, что связь между запасами стволовой фракции древостоя и объемами стволовой древесины валежа в биогеоценозах различных динамических показателей действительно существует и характеризуется как весьма сильная (Chaddock, 1925).

Понятно, что оптимального сбалансированного состояния лесное сообщество может достичь в очень редких случаях или вовсе его не достигает за весь период онтогенеза. Тем не менее эволюционное стремление коренного лесного сообщества заключительных стадий сукцессионного развития постоянно сохраняет его в демутационных, дигрессивных или промежуточных стадиях динамики. Поэтому анализ структур естественно развивающихся лесов может не полностью раскрыть тенденции или закономерности формирования баланса стволовой древесины древостоев и древесного отпада, в нашем случае валежа. Тем более до настоящего времени не существует методик абсолютно точного определения основных показателей, фиксирующих измеряемые величины соотношений биомасс объемов древесины в натуральных условиях. К ним можно отнести слишком общие таблицы определения объемов стволовой древесины для анализируемых условий роста биогеоценозов, не разработаны методики точных учетов объемов древесного отпада (валежа) на

Таблица 2. Распределение запасов древесины древостоев по возрастным поколениям и объемам стволов древесины валежа по разложению

№ ПП	Запас древе- сины древос- тая*, м³га⁻¹	Тип леса, состав древостоя, полнота, бонитет древостоя	Объемы деревьев в возрастных поколениях древостоев, м³га⁻¹										Валеж по стадиям разложения, м³га⁻¹					Показатели валежа		Фаза дина- ми- ки	Соотно- шение объемов древеси- ны дре- востая и валежа
			До 40	41–80	81– 120	121– 160	161– 200	201– 240	241– 280	281– 320	321– 360	1	2	3	4	5	Запас	% от запаса			
Южная подзона тайги																					
1	408.8	Чер-мш, 8Е2Ос+Б; 0.8; I	3.8	120.7	117.0	65.0	75.3	27.0	–	–	5.2	24.9	56.5	33.8	19.6	140.0	34.2	Кл	2.9		
2	443.4	Кис-чер, 10Е+Б; 0.7; I	52.1	58.8	82.0	104.6	108.7	37.2	–	–	0.1	15.4	39.3	38.9	21.5	115.2	26.0	Кл	3.8		
3	634.8	Кис-чер, 9Е1Б+Ос; 0.8; I	4.5	7.7	193.2	247.5	181.9	29.6	–	–	19.2	27.8	46.1	60.1	34.2	187.4	29.5	Дг	3.4		
4	581.6	Кис-чер, 9Е1Ос+Б; 0.8; I	7.1	100.3	187.8	135.7	100.0	50.7	–	–	33.7	28.8	14.4	6.8	10.4	94.1	16.2	Кл	6.1		
5	461.2	Чер-кис, 8Е1Б1Лп+Пх; 0.8; I	123.8	255.9	40.7	2.7	38.1	–	–	–	6.8	32.7	30.2	19.2	15.2	104.1	22.6	Дм	4.4		
6	613.4	Чер-кис; 9Е1Пх+Б; 0.8; I	12.5	19.8	257.0	218.6	56.4	49.4	–	–	2.1	36.6	15.8	17.6	22.1	109.3	15.3	Кл	5.6		
7	438.8	Кис-нап, 10Е+Пх, Б; 0.8; I	16.7	40.3	89.9	38.4	114.3	113.7	25.6	–	5.0	41.4	27.5	41.9	104.7	220.5	50.3	Дг	2.0		
8	396.6	Кис-шит, 8Е1Б1Лп; 0.8; I	9.0	31.9	90.0	83.8	73.4	72.2	36.3	–	2.9	36.3	23.1	11.8	17.5	91.6	23.1	Кл	4.3		
9	278.6	Сф-чер-баг, 8Е1Ос1Б; 0.7; III	108.5	86.1	28.6	10.5	4.8	15.3	24.8	–	5.8	32.8	18.4	6.6	6.3	69.9	25.1	Дм	4.0		
10	161.8	Сф-чер-мор; 10Е; 0.8; III	0.3	7.0	36.0	23.6	46.0	17.6	5.3	26.0	7.2	18.7	16.6	8.2	10.3	61.0	37.7	Кл	2.6		

Таблица 2. Продолжение

№ ПП	Запас древе- сины древос- стоя*, м³га ⁻¹	Тип леса, состав древостоя, полнота, бонитет древостоя	Объемы деревьев в возрастных поколениях древостоев, м³га ⁻¹								Валеж по стадиям разложения, м³га ⁻¹					Показатели валежа		Фаза дина- ми- ки	Соот- но- шение объемов древеси- ны дре- востоя и валежа	
			До 40	41–80	81– 120	121– 160	161– 200	201– 240	241– 280	281– 320	321– 360	1	2	3	4	5	Запас			% от запаса
Средняя подзона тайги																				
11	306.3	Майн-чер-кис, 10Е+Ос; 0.8; II	18.1	150.0	33.1	1.1	17.1	37.7	49.2	–	9.8	25.7	17.6	17.2	–	70.2	22.9	Дм	4.3	
12	263.4		Майн-чер-кис, 10Е 0.7; III	0.6	13.8	92.5	79.7	38.7	27.6	10.5	–	24.5	14.8	22.4	2.9	7.8	72.4	27.5	Кл	3.6
13	348.2	Кис-чер-пап, 8Е1Б1Ос; 0.7; II	1.0	9.0	11.6	6.8	42.6	160.6	87.3	24.8	6.6	39.0	15.1	26.2	28.2	115.1	33.0	Дг	3.0	
14	263.1		Чер-кис-пап, 9Е1Ос+Б; 0.6; III	1.9	24.5	4.0	8.9	63.3	105.7	34.2	20.6	11.7	21.5	20.3	16.9	12.6	83.0	31.7	Дг	3.1
15	308.9	Чер-мш-сф, 10Е1С+Б; 0.8; III	0.1	6.6	20.9	128.9	63.7	27.7	16.8	44.2	6.2	23.2	5.9	8.3	19.7	63.3	20.5	Кл	4.8	
16	363.6		Чер-сф, 10Е+Б; 0.8; III	0.6	22.5	189.2	68.7	39.6	35.8	7.2	–	7.3	23.6	12.3	8.7	20.3	75.5	20.7	Дм	4.8
17	84.7	Сф-чер-бр, 8Е2Б+С; 0.6; III	0.1	7.9	9.7	18.9	3.2	19.3	13.3	12.4	0.5	9.7	18.6	7.1	17.8	53.7	63.4	Кл	1.6	
18	275.4		Чер-бр-мш, 8Е1Б+Ос; 0.7; II–III	3.5	3.2	4.2	9.7	39.8	62.0	153.0	–	7.4	22.5	4.8	44.1	33.7	112.5	40.8	Дг	2.4
19	320.8	Чер-бр-мш, 8Е1Ос1Б; 0.8; III	10.8	38.9	145.4	60.1	12.9	30.4	22.3	–	18.5	15.6	20.8	11.2	12.4	78.5	24.4	Дм	4.1	
20	336.2		Чер-мш-бр-сф; 8Е1Б1Ос; 0.8; II	2.2	14.9	68.3	156.5	51.8	18.6	23.9	–	12.3	8.5	37.7	21.2	11.1	90.8	27.0	Кл	3.7

Таблица 2. Окончание

№ ПП	Запас древесины древостоя*, м³га ⁻¹	Тип леса, состав древостоя, полнота, бонитет древостоя	Объемы деревьев в возрастных поколениях древостоев, м³га ⁻¹										Валек по стадиям разложения, м³га ⁻¹					Показатели валежа		Фаза динамики	Соотношение объемов древесины древостоя и валежа
			До 40	41—80	81—120	121—160	161—200	201—240	241—280	281—320	321—360	1	2	3	4	5	Запас	% от запаса			
Северная подзона тайги																					
21	143.6	Чер-сф-бр, 8Е2Б+С; 0.7; IV	0.2	3.4	20.9	8.6	28.8	22.4	25.2	34.1	8.7	34.7	13.2	—	17.7	74.3	51.7	Дг	1.93		
22	235.0		ПДР	7.5	17.7	89.3	30.5	46.2	31.5	12.3	24.6	19.8	—	6.0	12.3	62.7	26.7	Кл	3.7		
23	122.7		Бр-чер-мш, 10Е+С, Б; 0.6; IV	0.8	5.3	3.8	15.5	7.6	30.3	22.4	37.0	2.2	10.1	7.8	6.6	9.4	36.1	29.4	Дг	3.4	
24	60.8		Баг-чер-баг, 10Е+С, Б; 0.6; V	0.3	1.8	7.3	20.1	16.0	12.6	2.7	—	0.2	8.5	10.2	5.3	5.1	29.3	48.2	Кл	2.1	
25	149.4	Чер-зм-бр, 8Е2Б+Кл, Пх; 0.6; V	ПДР	29.3	24.6	84.2	11.3	—	—	—	1.7	20.0	17.1	2.1	4.2	45.1	30.2	Кл	3.3		
26	108.8		Чер-бр-мш, 9Е1Пх+Б; 0.6; V	ПДР	6.3	15.3	7.5	17.3	20.6	41.8	—	5.4	22.8	5.2	4.1	15.2	52.7	48.4	Дг	2.0	
27	155.6	Мш-чер-бр, 7Е2С1Б; 0.6; IV	ПДР	8.5	12.6	68.1	45.6	20.8	—	—	0.3	17.5	14.6	18.5	5.6	56.4	36.3	Кл	2.7		
28	111.3		Чер-мш-вод, 8Е1Б1С; 0.6; V	ПДР	2.0	8.3	44.0	57.0	—	—	—	0.8	16.1	16.8	8.5	5.6	47.8	42.9	Дг	2.3	
29	119.3	Чер-бр-мш, 9Е1Б+С; 0.6; V	ПДР	6.5	18.5	36.8	30.7	21.2	5.6	—	0.9	11.7	6.9	3.8	7.2	30.5	25.6	Кл	3.9		
30	82.5		Сф-чер-бр, 8Е2С+Б; 0.6; V	ПДР	20.5	30.8	15.8	12.2	3.2	—	—	0.2	10.0	3.9	1.6	4.4	20.1	24.3	Дм	4.1	

Примечание. Запас* — запас стволовой древесины, включая текущий древесный отпад. Фазы динамики биогеоценозов: Кл — климакс, Дг — депрессия, Дм — демутация, ПДР — подрост. Типы леса: Чер-мш — чернично-мшистый; Кис-чер — кислично-черничный; Чер-кис — чернично-кисличный; Кис-пап — кислично-папоротниковый; Кис-шит — кислично-шиповниковый; Сф-чер-баг — сфагново-чернично-багульниковый; Сф-чер-мор — сфагново-чернично-моршковый; Майн-чер-кис — майниково-чернично-кисличный; Кис-чер-пап — кислично-чернично-папоротниковый; Чер-кис-пап — чернично-кислично-папоротниковый; Чер-мш-сф — чернично-мшисто-сфагновый; Чер-сф — чернично-сфагновый; Сф-чер-бр — сфагново-чернично-брусничный; Чер-бр-мш — чернично-бруснично-мшистый; Мш-чер-бр — мшисто-чернично-брусничный; Чер-мш-вод — чернично-мшисто-водяничный.

Таблица 3. Ряды наблюдений баллов фазового положения биогеоценозов по данным древесных стволовой фракций древесины и стволовой фракций валежа

Фаза динамики биогео-ценоза	Показатель фазового положения биогеоценоза, балл															Среднее значение	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Климакс	2.9	3.8	6.1	5.6	4.3	2.6	3.6	4.8	1.6	3.7	3.7	2.1	3.3	2.7	3.9	3.6	
Демутация	4.4	4.0	4.3	4.8	4.1	4.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.2	
Депрессия	3.4	2.0	3.0	3.1	2.4	1.9	1.9	2.0	2.3	—	—	—	—	—	—	2.4	

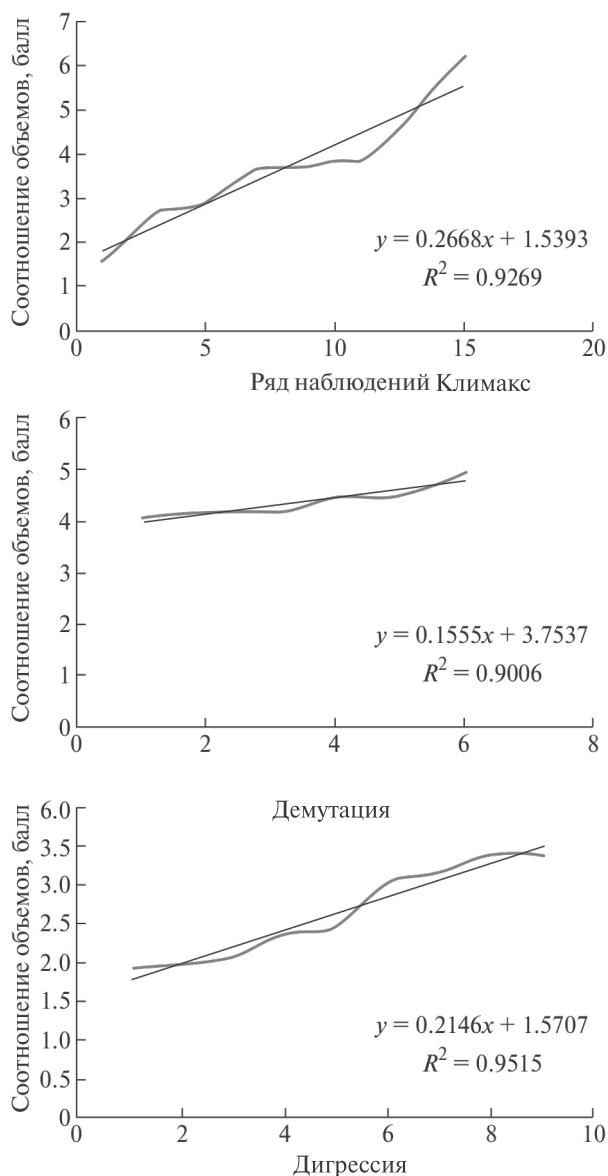


Рис. Связь объема стволовой древесины древостоев с объемом стволовой древесины валежа с использованием баллов фазового положения биогеоценозов в ряду наблюдений по динамическому положению сообществ.

Примечание. R^2 — корреляционное отношение.

ПП, методики точного определения сукцессионного фазового положения конкретных биогеоценозов. Вероятно, бóльшая выборка лесных сообществ даст более точные результаты. Даже представленная выборка из 30 коренных девственных ельников определяет тенденцию, объясняющую наличие связи запасов древостоев и объемов стволов валежа. В свою очередь, этот факт показывает, что в коренных сообществах существует механизм формирования соотношения объемов стволовой древесины, одним из предикторов которого является древесный отпад.

Содержание рисунка и табл. 3 демонстрирует величину этих связей при разных динамических положениях лесных сообществ, включающих показатели корреляционных отношений — R^2 (рис.). На базе этих же рядов наблюдений вычислены коэффициенты линейных корреляций для малых выборок (Дворецкий, 1971). Получены следующие результаты: для выборки еловых биогеоценозов дигрессивных фаз динамики связь искомым предикторов имеет показатели: $r = 0.9$ при $m_r = 0.06$ и $t = 15.0$; демутационных фаз динамики — $r = 0.98$ при $m_r = 0.016$ и $t = 6.12$; климаксовых — $r = 0.84$ при $m_r = 0.08$ и $t = 10.5$.

Таким образом, линейные корреляционные зависимости и показатели корреляционных отношений показывают высокие значения связи обсуждаемых предикторов, приближающиеся к функциональным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принятые для анализа коренные леса еловых формаций относятся к абсолютно разновозрастным девственным сообществам климаксовых, дигрессивных и демутационных фаз динамики с различными соотношениями объемов стволовой древесины древостоев и валежа.

Соотношение между однородными числовыми показателями запасов древесины древостоев и объемов деревьев валежа лесных сообществ различных динамических характеристик определяется как частное от деления запаса древостоя на объем древесины валежа, которое трактуется как *балл фазового положения биогеоценоза*. При наличии набора лесных сообществ различных динамических показателей представляется возможность их группировки в ряды наблюдений по фазам динамики — ряд наблюдений климаксовых, демутационных и дигрессивных фаз развития сообществ.

Соотношения между запасами стволовой древесины древостоя и объемами стволовой древесины валежа из выборки в 30 ельниках таежной зоны европейской части России по отношению к их динамическому положению имеют различные баллы фазового положения. В свою очередь, этот факт подтверждает закономерность, что между искомыми предикторами в градациях фазового состояния биогеоценозов существует тесная связь. Анализ экспериментальных данных с помощью программы Exel (R^2) и линейной корреляции (r) показывает, что связь между запасами стволовой древесины древостоя и объемами стволовой древесины валежа в биогеоценозах различных динамических показателей существует и характеризуется как весьма сильная связь (Chaddock, 1925; Дворецкий, 1971).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быков Б.А. Экологический словарь. Алма-Ата: Наука, 1983. 247 с.
- Гусев И.И. Строение и особенности таксации ельников Севера. М.: Лесная пр-сть, 1964. 76 с.
- Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике. М.: Лесная пр-сть, 1971. 104 с.
- Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 176 с.
- Капица Е.А., Антонов О.И., Малышева О.Н., Шорохова Е.В. Насколько связаны характеристики крупных древесных остатков и древостоя? Пример Лисинского учебно-опытного лесничества // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. СПб, 2021. С. 190–192.
- Морозов Е.Е. Экологические условия и скорость микогенного ксилотиза в биогеоценозах южной подзоны тайги: дисс...канд. биол. наук: 03.00.16. СПб., 1994. 22 с.
- Стороженко В.Г. Датировка разложения валежа ели // Экология. № 6. 1990. С. 66–69.
- Стороженко В.Г. Формирование возрастных структур коренных таежных ельников Европейской России // Лесоведение. 2022. № 1. С. 3–12. DOI: 10.31857/S0024114821060097
- Стороженко В.Г. Сукцессионная динамика коренных разновозрастных ельников Европейской России // Вопросы лесной науки. Т. 4. № 3. 2021. С. 1–20. DOI: 10.31563/1684-7628-2020-56-4-67-72
- Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент. Тула: Гриф и К, 2007. 190 с.
- Стороженко В.Г. Древесный отпад в коренных лесах Русской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 122 с.
- Стороженко В.Г., Шорохова Е.В. Биогеоценотические и ксилотизические параметры устойчивых таежных ельников // Грибные сообщества лесных экосистем. Т. 3. Петрозаводск, 2012. С. 22–41.
- Стороженко В.Г., Засадная В.А. Структура древесного отпада девственных ельников северной и южной тайги европейской части России // Сибирский лесной журнал. 2019. № 2. С. 64–73.
- Тарасов М.Е. Оценка скорости разложения детрита в лесах Ленинградской области // Труды СПбНИИЛХ, 2000. В. 1. С. 31–45.
- Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 853 с.
- Шорохова Е.В., Шорохов А.А. Характеристика классов разложения древесного детрита ели, березы и осины в ельниках подзоны средней тайги // СПб.: Труды СПбНИИЛХ, 1999. В. 1. С. 17–23.
- Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб., 1890–1907.
- Chaddock R.E. Principles and Methods of Statistics. Boston, New York, 1925. 471 p.
- Clements F.E. Nature and structure of the climax // Ecology. V. 21. № 1. 462 p.
- Harmon M.E., Chen H Course Woody Debris Dynamics in Two Old-Growth Ecosystems. BioScience. 1991. № 41 (9). P. 604–610.
- Tarasov M.E., Birdsey R.A. Decay rate and potential storage of coarse woody debris in the Leningrad region. Ecological Bulletins. 2001. № 49. P. 137–147.
- Shorohova E., Kapitsa E. The decomposition rate of non-stem components of coarse woody debris (CWD) in European boreal forests mainly depends on site moisture and tree species // European Journal of Forest Research. 2016. № 135. P. 593–606. DOI 10.1007/s10342-016-095-8

Ratio of Stem Wood Volumes in Forest Stands and Dead Wood of the Taiga Spruce Forests in European Russia

V.G. Storozhenko¹, Ya.I. Gulbe

¹Institute of Forest Science of the RAS,
Sovetskaya st. 21, Uspenskoe, Moscow Oblast, 143030 Russian Federation
*E-mail: lesoved@mail.ru

The article discusses the formation of the stem wood volumes ratio between the forest stands and the deadwood in an indigenous forest community with a contribution from wood-decaying fungi, using the spruce formations of the European Russia's taiga zone as an example. For the analysis, 30 spruce ecosystems were taken, 10 in each of the taiga subzones (northern, middle and southern) with different dynamic characteristics — climax, demutational and digressional ecosystems. Using the method of study plots (SP), the silvicultural characteristics of ecosystems and the morphometric indicators of trees were described, and the volumes of stem wood of the forest stands forming phytocenoses and the deadwood decomposed by wood-destroying fungi were calculated. Indicators of the stem wood volumes ratio between the forest stands and the dead wood in spruce plantations of various dynamic phases were calculated, for which phase position scores were calculated. Indicators of the relationship between the

volumes of stem wood in forest stands and in dead wood (R^2) and linear correlation coefficients (r) for forest stands of different successional positions were determined in Microsoft Excel. The calculations confirmed the presence of a relationship between the stem wood volumes of tree stands and deadwood for the studied spruce forests using a point estimate of the phase position of ecosystems: in both programs (R^2 and r) the relationship indicators were characterized as strong to very strong (Chaddock, 1925).

Key words: indigenous spruce forests, forest stand, dead wood, stem volume of forest stands and deadwood, ecosystems phases' dynamics, indicators of relationship between the stem volumes of forest stands and deadwood.

REFERENCES

- Bykov B.A., *Ekologicheskii slovar'* (Dictionary of ecology), Alma-Ata: Nauka, 1983, 247 p.
- Chaddock R.E., *Principles and Methods of Statistics*, Boston, New York, 1925, 471 p.
- Clements F.E., Nature and structure of the climax, *Ecology*, Vol. 21, No. 1, 462 p.
- Dvoret'skii M.L., *Posobie po variatsionnoi statistike (dlya lesok-hozyaistvennikov)* (Manual on analysis of variance for foresters), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1971, 104 p.
- Dyrenkov S.A., *Struktura i dinamika taezhnykh el'nikov* (Structure and dynamics of the boreal spruce forest), Leningrad: Nauka, 1984, 174 p.
- Entsiklopedicheskii slovar' Brokgauza i Efrona: v 86 t* (Brockhaus and Efron Encyclopedic Dictionary: in 86 volumes), Saint Petersburg, 1890–1907.
- Gusev I.I., *Stroenie i osobennosti taksatsii el'nikov Severa* (Structure and features of taxation of spruce forests of the North), Moscow: Lesnaya pr-st', 1964, 76 p.
- Harmon M.E. Chen H., Course Woody Debris Dynamics in Two Old-Growth Ecosystems, *BioScience*, 1991, No. 41 (9), pp. 604–610.
- Kapitsa E.A., Antonov O.I., Malysheva O.N., Shorokhova E.V., Naskol'ko svyazany kharakteristiki krupnykh drevesnykh ostatkov i drevostoya? Primer Lisinskogo uchebno-opyt'nogo lesnichestva (To what extent are the characteristics of large woody debris and the forest stand related? An example of the Lisinsky educational and experimental forestry), *Les Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie* (Forests of Russia: politics, industry, science, education), Saint Petersburg, Proc. of 6th of All-Russian sci.-tech. Conf., Saint Petersburg: 2021, pp. 190–192.
- Morozov E.E., *Ekologicheskie usloviya i skorost' mikogennogo ksiloliza v biogeotsenozakh yuzhnoi podzony taigi. Diss. kand. biol. nauk* (Ecological conditions and the rate of mycogenic xylolysis in the biogeocenoses of the southern taiga subzone. Candidate's biol. sci. thesis), Saint Petersburg: 1994, 22 p.
- Shorokhova E., Kapitsa E., The decomposition rate of non-stem components of coarse woody debris (CWD) in European boreal forests mainly depends on site moisture and tree species, *European Journal of Forest Research*, 2016, No. 135, pp. 593–606.
DOI 10.1007/s10342-016-0957-8.
- Shorokhova E.V., Shorokhov A.A., Kharakteristika klassov razlozheniya drevesnogo detrita eli, berezy i osiny v el'nikakh podzony srednei taigi (Features of the woody debris decomposition classes of spruce, birch and aspen in spruce forests of subdomain of middle taiga), *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva*, 1999, No. 1, pp. 17–23.
- Storozhenko V.G., Datirovka razlozheniya valezha eli (Dating of spruce brushwood decay), *Ekologiya*, 1990, No. 6, pp. 66–69.
- Storozhenko V.G., *Drevesnyi otpad v korennykh lesakh Russkoi ravniny* (Woody debris in primary forests of the East European plain), Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2011, 122 p.
- Storozhenko V.G., Formirovanie vozrastnykh struktur korennykh taezhnykh el'nikov Evropeiskoi Rossii (Formation of age structures of indigenous taiga spruce forests in European Russia), *Lesovedenie*, 2022, No. 1, pp. 3–12.
DOI: 10.31857/S0024114821060097
- Storozhenko V.G., Suktsessionnaya dinamika korennykh raznovozrastnykh el'nikov Evropeiskoi Rossii (Succession dynamics of native spruce forests of different ages in European Russia), *Voprosy lesnoi nauki*, 2021, Vol. 4, No. 3, pp. 1–20.
DOI: 10.31563/1684-7628-2020-56-4-67-72
- Storozhenko V.G., *Ustoichivye lesnye soobshchestva: teoriya i eksperiment* (Sustainable forest communities: theory and experiment), Moscow: Grif i K, 2007, 190 p.
- Storozhenko V.G., Zasadnaya V.A., Struktura drevesnogo otpada devstvennykh el'nikov severnoi i yuzhnoi taigi evropeiskoi chasti Rossii (Structure of woody debris of virgin spruce forests of the Northern and Southern taiga in the European part of Russia), *Sibirskii lesnoi zhurnal*, 2019, No. 2, pp. 64–73.
- Storozhenko V.G., Shorokhova E.V., Biogeotsenoticheskie i ksiloliticheskie parametry ustoychivyykh taezhnykh el'nikov (Biogeocoenosis and xylolytic parameters of steady-state boreal spruce forests), In: *Gribnye soobshchestva lesnykh ekosistem (Fungal communities in forest ecosystems)* Petrozavodsk: 2012, Vol. 3, pp. 22–41.
- Tarasov M.E., Birdsey R.A., Decay rate and potential storage of coarse woody debris in the Leningrad region, *Ecological Bulletins*, 2001, No. 49, pp. 137–147.
- Tarasov M.E., Otsenka skorosti razlozheniya detrita v lesakh Leningradskoi oblasti (Estimate of the rate of decomposition of detritus in forests of Leningrad Oblast), *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva*, 2000, No. 1, pp. 31–45.
- Tret'yakov N.V., Gorskii P.V., Samoilovich G.G., *Spravochnik taksatora* (Handbook for taxators), Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat, 1952, 854 p.